

창의적 문제해결능력 신장을 위한 알고리즘 기반 학습 콘텐츠 개발

김은길 · 현동림 · 김종훈[†]
(제주대학교)

Development of an Algorithm-Based Learning Content for Improve in Creative Problem-Solving Abilities

Eun-Gil KIM · Dong-Lim HYUN · Jong-Hoon KIM[†]
(Jeju National University)

Abstract

Education is focused on how to nurture creative problem-solving skills talent in rapidly changing information society. The algorithm education of computer science is effective in improvement of students' logical thinking and problem solving capability. However, the algorithm education is very difficult to teach in elementary students level. Because it is difficult to understand abstract characteristic of algorithm.

Therefore we developed educational contents based on the principle of the algorithm for improve students' logical thinking and problem-solving capability in this study. And educational contents contain interesting elements of the game. So, students will be interested in algorithm learning and participate actively through developed educational contents. Furthermore, students' creative problem-solving capability may improve through algorithm learning.

Key Words : Computer Education, Algorithm Learning, Educational Contents

I. 서론

1. 연구의 필요성

오늘날 사회에서 ICT(Information and communications technology)는 경제적, 사회적, 개인적 삶의 양식을 변화시키고 있다. 남녀노소 구분 없이 의사소통, 쇼핑, 인터넷뱅킹 등의 삶의 질 향상을 위해 ICT를 이용함으로써 우리 삶의 일 부분으로 자리잡아가고 있다. 우리나라에서는 이

러한 정보화 사회에 앞서가기 위해 국가 정책으로 ICT 산업과 교육정보화에 많은 투자가 이루어져 왔다. 그 결과 모바일 기기를 통해 언제, 어디서나 ICT를 활용할 수 있게 되었다. 교육에서의 ICT 역시 많이 변화하였다. OECD의 PISA(Programme for International Student Assessment) 2006에서 학교의 ICT 인프라 현황을 살펴보면, 인터넷에 연결된 컴퓨터 비율이 0.946으로 OECD 평균 0.741보다 높으며 4위를 차지하는 우수한

[†] Corresponding author : 064-754-4913, jkim0858@jejunu.ac.kr

* 이 논문은 2009학년도 제주대학교 교육대학 및 초등교육연구소의 지원에 의해 연구되었음.

수준이었다. 학생 1인당 학습용 컴퓨터 비율 역시 0.184로 OECD 평균 0.170보다 높은 것으로 나타났다(김혜숙 외, 2008). 이와 같이 뛰어난 ICT교육 인프라를 어떻게 활용하고 있는지 살펴보면 뚜렷한 차이를 보인다. 학교에서의 ICT 활용도에서 거의 매일 사용하는 경우가 4.27%로 OECD 평균 9.50%의 절반 수준이다. 또한 전혀 사용하지 않는 경우가 41.78%로 OECD 평균 12.06%보다 훨씬 높은 것으로 나타났다.

ICT 활용 목적 역시 <표 1>과 같이 차이를 보인다(김혜숙 외, 2008).

<표 1> ICT 활용 목적

구분	과제	한국	OECD 평균
인터넷 오락	인터넷 검색	67.17	59.22
	게임	53.32	51.90
	협동 작업을 위한 인터넷 사용	24.55	35.38
	소프트웨어 다운로드	40.67	39.99
	음악 다운로드	74.80	55.92
	이메일 및 채팅	65.28	67.03
소프트웨어	문서작성	30.04	46.70
	스프레드시트 사용	9.15	20.03
	그래픽 프로그램 사용	39.19	66.73
	교육용 프로그램 사용	13.81	14.62
	컴퓨터 프로그램 작성	6.70	18.21

우리나라 학생들의 ICT 활용 목적은 인터넷과 오락 중심으로 이루어지는데 반해 문제 해결을 위해 정보의 수집, 가공, 재창조에 활용되는 소프트웨어 사용 부분에서는 OECD에 비해 낮음을 알 수 있다. 이와 같은 ICT 활용은 대학에 진학하는 학생들의 컴퓨터 과학 지식, 알고리즘적 사고 등이 부족하다는 문제점으로 이어지며 대학 졸업 후 기업의 고용 불일치까지 지속되고 있다.

최근 IT 인재 양성을 위해 정부와 기업, 대학 관계자들이 모여 논의한 결과 초·중등 컴퓨터교육 의무화 폐지 및 논리적 사고력 배양을 위한 알고리즘 중심의 컴퓨터 교육과정의 부재를 문제로 지적하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 학교에서의 컴퓨터 교육 시간 확보 및 알고리즘

위주의 ICT 교육과정 설계 및 교재 개발, 교사 연수 등의 방안을 내놓았다(IT 인재 정책 간담회, 2010).

지금까지의 단순 컴퓨터 활용 교육에서 벗어나 학생들의 문제해결력 및 논리적 사고력을 신장시키기 위해 초등학교부터 대학교까지 체계적인 교육이 이루어질 수 있도록 각 학교급별 학생들의 수준에 적합한 알고리즘 위주의 교육과정 및 교육 자료 등의 학습 방안 마련이 시급하다.

2. 연구 문제 및 방법

본 논문에서는 초·중등학생의 문제해결능력 신장을 위하여 컴퓨터과학 분야 중 알고리즘을 중심으로 학습 콘텐츠를 개발하는데 목적이 있다. 구체적인 연구 방법은 다음과 같다.

첫째, 컴퓨터 과학 분야 중 알고리즘의 내용을 각종 전문서적 및 보고서 등을 통하여 분석하였다.

둘째, 외국(미국, 영국 등)의 초·중등학교 컴퓨터 교육과정을 각종 보고서 및 사이트, 교육 자료를 통해 분석하였다.

셋째, 외국과 우리나라의 초·중등학교 컴퓨터 교육과정 비교 분석을 통해 현행 컴퓨터 교육과정의 문제점을 고찰하고 새로운 교육 내용을 선정하였다.

넷째, 선정된 교육 내용을 학생들의 인지 수준에 맞게 적용 가능한 학습 콘텐츠를 학습자의 능동적인 참여를 위하여 게임 형태로 개발하였다.

II. 이론적 배경

1. 알고리즘 학습

가. 알고리즘의 의미

알고리즘(Algorithm)은 어떤 값이나 값의 집합을 입력으로 받아 또 다른 값이나 값의 집합을 출력하는 잘 정의된 계산 절차를 말한다(Cormen, H. T. et al., 2007). 컴퓨터에서의 알고리즘은 유

한한 자원을 가지고 조건이 주어진 문제를 해결하기 위해 거치는 일련의 과정을 말하며, <표 2>와 같은 조건을 만족해야 한다.

<표 2> 알고리즘의 조건

조건	의미
명확성	각 단계에서 사용되는 연산들은 분명하고 확실한 의미를 가져야 한다.
효율성	주어진 문제를 최소의 자원을 가지고 해결할 수 있어야 한다.
입력 및 출력	문제를 해결할 때 주어지는 자료를 입력으로 정의하면, 일련의 과정을 통해 산출되는 1개 이상의 출력이 있어야 한다.
유한성	알고리즘에서 수행되는 연산은 유한번의 수행 후에 반드시 종료되어야 한다.

나. 알고리즘의 교육적 가치

Usiskin(1999)은 알고리즘의 교육적 가치를 다음과 같이 제시하였다.

첫째, 알고리즘은 강력하다. 알고리즘은 특정 문제 해결에만 사용되는 것이 아니라, 일반화 시켜 특정 종류의 문제 해결에 적용할 수 있다.

둘째, 알고리즘은 신뢰할 수 있다. 알고리즘의 일련의 과정에서 수행되는 연산을 신뢰할 수 있다면 수행 결과 역시 신뢰할 수 있고 일반화 역시 가능하다.

셋째, 알고리즘은 정확하다. 일련의 과정과 결과로 도출되는 값은 오류가 존재하지 않는다면 정확하다.

넷째, 알고리즘은 신속하다. 좋은 알고리즘은 일련의 과정이 간소하고 직접적으로 처리되어서 수행 시간을 단축시켜 준다.

다섯째, 알고리즘은 기록을 제공한다. 주어진 문제를 해결하기 위해서 문자화되거나 도형화된 알고리즘을 기록함으로써 세부적인 단계의 오류를 수정하거나 보다 간소화된 절차를 얻을 수 있다.

여섯째, 알고리즘은 정신적 표상을 제공한다. 기록되어진 알고리즘을 통해 연필과 종이 등의 도구를 사용하지 않고, 머릿속에서 일련의 과정을 연상하여 결과를 도출할 수 있다.

일곱째, 알고리즘은 유익하다.

여덟째, 알고리즘은 다른 알고리즘에 사용될 수 있다. 특정한 문제를 해결하기 위해 고안된 알고리즘은 다른 문제 해결의 일부분으로 사용될 수 있다.

아홉째, 알고리즘은 학습 대상이 된다. 문제 해결을 위한 과정이 알고리즘일 수 있지만, 알고리즘의 종류, 특징, 효율성 등이 학습의 대상이 될 수 있다.

이와 같은 알고리즘의 교육적 가치를 고려한다면 교사는 알고리즘을 가르치기 보다는 학습자 스스로 문제를 해결하기 위해 일련의 과정을 직접 설계하고 오류 분석 및 수정 과정을 통해 논리적인 사고 능력과 창의적 문제해결능력을 신장시킬 수 있도록 지도해야 한다.

다. 알고리즘 학습과 창의적 문제해결능력

학습자는 교육을 통해 습득한 내용을 바탕으로 일상생활의 문제 상황을 해결할 수 있어야 한다. 문제 상황이란 이미 알려진 단순한 계산 방법으로 해결하는 문제를 말하는 것이 아니라, 정해진 해답보다는 최선의 해결책을 모색하기 위해 다양한 조건 등을 고려하고 다양한 사고가 요구되는 상황을 말한다. 학습자가 이와 같은 문제 상황에 봉착했을 때 해결해가는 일련의 과정을 폴리야는 [그림 1]과 같이 4단계로 구분하였다(우정호 역, 2002).



[그림 1] 폴리야의 문제해결단계

이와 같이 문제 해결을 위한 일련의 과정이 알고리즘이다. 문제 이해 단계에서 학습자는 끊임 없는 질문을 통해 문제의 원인과 구체적인 상황을 파악하게 된다. 문제의 원인을 제대로 파악해야 특정 종류의 문제 상황에서도 적용할 수 있는 일반화된 해결 방법을 찾을 수 있다.

계획 작성 단계에서 학습자는 해결 방법을 모

색하기 위해 다양한 관점에서 문제 상황을 바라보고 아이디어를 구상하게 된다. 다양하고 독특한 아이디어를 산출하고 보다 문제 상황에 맞게 구체화하는 과정을 통해 창의적 문제해결능력을 신장시킬 수 있다. 해결 방법을 단계별로 구체적이고 명확하게 기술하기 위해서는 논리적 사고능력이 필요하다.

계획 실행 단계에서는 앞서 구상한 방법이 문제를 제대로 해결하는지 검증하는 단계로 여러 가지 새로운 문제 상황 또는 오류가 발생할 수 있다.

반성 단계에서는 실행에서 예상하지 못한 문제 상황 또는 오류를 논리적으로 살펴보고 계획한 해결 방법을 수정하게 된다. 예상하지 못한 문제 상황 역시 해결하기 위해서는 문제의 범위를 확대하여 해결 방법을 모색해야 한다.

이와 같은 단계를 통해 학습자는 창의적인 문제 해결방법을 탐색하고 실행과 반성 단계를 통해 자신이 구상한 해결 방법이 적절한지 판단하며 정교성을 높게 된다. 결국 폴리아의 문제해결단계를 반복하게 되면 학습자의 창의적 문제해결능력을 신장시킬 수 있다.

2. 알고리즘 학습 관련 선행 연구

이영미(2007)는 초등학생을 대상으로 활동을 통한 정렬 알고리즘 학습과 일반적인 ICT 기반 학습이 학업 성취도에 미치는 영향을 연구하였으며, 알고리즘 기반의 애니메이션 또는 학습 콘텐츠의 확보가 필요하다고 제안하였다.

권은정(2008)은 놀이를 통한 알고리즘 학습이 고등학생의 학업 성취도에 미치는 영향을 연구한 결과 긍정적인 효과가 있었으며, 보다 다양한 컴퓨터 과학 분야의 학습 내용과 자료 개발에 대한 연구가 필요하다고 하였다.

정미연(2008)은 중등학생을 대상으로 교육용 프로그래밍 언어인 Squeak을 활용한 정렬 및 탐색 알고리즘 학습이 문제해결능력에 미치는 영향

에 대해 연구하였다.

이 밖에도 많은 연구에서 알고리즘 학습이 학생의 논리적 사고력 및 문제해결능력 신장에 효과적임을 제시하였으며 알고리즘 학습 관련 교육 과정을 구성 및 적용하였다. 하지만 기존 연구에서 설계한 교육과정은 정렬, 탐색, 그래프 정도의 알고리즘으로 이루어져 있어 보다 다양한 컴퓨터 과학 분야의 교육 내용과 학습 자료의 필요성을 주장하였다.

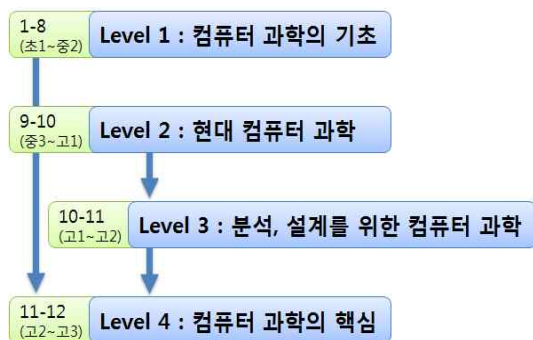
따라서 본 연구에서는 국내·외 컴퓨터 관련 교육과정과 일반적인 컴퓨터 과학 분야를 종합 분석하여 교육 내용을 선정하고, 이를 바탕으로 초·중등학생의 인지 수준에 맞게 게임형 웹 기반 학습 콘텐츠를 개발하였다.

Ⅲ. 알고리즘 교육과정 설계

1. 외국 컴퓨터 교육과정 분석

가. 미국의 컴퓨터 교육과정 분석

미국은 주마다 교육과정이 다르지만 ACM (Association for Computing Machinery) A Model Curriculum for K-12 Computer Science 보고서에서 제안한 컴퓨터 과학 교육과정 모델은 [그림 2]와 같이 4단계로 이루어진다(Verno, A. et al., 2004; Tucker, A. et al., 2006; Madden, B. et al., 2007; Frost, D. et al., 2009).



[그림 2] K-12 컴퓨터 과학 교육과정 4단계

1단계에서는 컴퓨터 과학의 기본 개념과 기초 정보기술 습득, 알고리즘의 기본 개념을, 2단계에서는 현대 사회에서 컴퓨터 과학의 응용 및 이론, 방법론 등을 학습하게 된다. 2단계를 마친 학생이 컴퓨터 과학을 더 학습하길 원하면, 3단계에서 알고리즘적 사고방법과 컴퓨터 과학의 과학적이고 수학적 면을 학습하게 된다. 4단계는 직업, 대학 진학을 위한 준비 단계로 개인의 관심 분야의 심화학습 단계이다.

이상의 단계에서 이루어지는 컴퓨터 과학 분야 중에서 초·중·고등학교 수준(Level 1, 2)에서 학습하는 알고리즘과 기초적인 자료구조 요소를 추출하면 <표 3>과 같다.

<표 3> K-12의 자료구조 및 알고리즘 내용

구분	교육내용
자료구조	이진법, 트리, 그래프, 데이터 타입
알고리즘	탐색, 트리 탐색, 정렬, 분할 상황 분석, 백트래킹

나. 영국의 컴퓨터 교육과정 분석

영국은 ICT 교과를 필수 교과로 운영하고 있다. ICT 교과의 목표는 정보기술을 이용한 문제 해결력 향상으로 총 4단계(Key Stage)로 교육과정이 운영된다(QCA, 2007). 1단계는 6-7세, 2단계는 8-11세, 3단계는 12-14세, 4단계는 15-17세로 우리나라 초·중·고등학교는 1-3단계에 해당된다.

교육과정 내용 역시 알고리즘, 프로그래밍, 데이터베이스, 소프트웨어 활용 등 컴퓨터과학 중심으로 운영된다. 특히 운영체제 및 소프트웨어 활용이 많은 부분을 차지하는데 단순한 사용 방법 학습이 아닌, 컴퓨터 동작 원리 및 컴퓨터과학 기본 개념을 학습한다. 이를 바탕으로 소프트웨어 활용을 통해 문제를 해결할 수 있는 능력을 신장시키는 데 목적을 두고 있다(QCA, 2000, 2003).

따라서 컴퓨터과학 분야의 일부인 알고리즘을 학습하기 보다는 일상생활에서 접할 수 있는 실

제 문제 상황을 컴퓨터를 이용하여 해결할 수 있는 방법을 생각해보는 광의의 알고리즘 학습이 이루어지고 있다.

2. Computer Science Unplugged 프로젝트 분석

뉴질랜드 Canterbury 대학의 Tim Bell 교수 연구진은 활동 중심의 컴퓨터과학 교육을 활발히 개발하고 있다. 개발 중인 교육 내용을 살펴보면 크게 정보의 표현, 알고리즘, 프로시저의 표현으로 나누어져 있다(Tim Bell, 2005). <표 4>는 알고리즘 관련 교육 내용이다.

<표 4> Computer Science Unplugged 알고리즘 내용

구분	교육내용
자료구조	이진법
알고리즘	탐색, 정렬, 정렬 네트워크, 최소 신장 트리, 라우팅 알고리즘

3. 일반적인 알고리즘 교육 내용

컴퓨터과학 분야의 일부인 일반적인 알고리즘 내용은 <표 5>와 같이 정리할 수 있다(문병로 역, 2007).

<표 5> 일반적인 알고리즘 내용

구분	교육내용
정렬	선택 정렬, 버블 정렬, 삽입 정렬, 퀵정렬, 합병 정렬, 힙 정렬
탐색	순차 탐색, 이진 탐색, 해싱 탐색
그래프	깊이·너비 우선 탐색, 최소 신장 트리, 최단 경로, 위상 정렬
고급 설계	동적 설계, 그리디 알고리즘, 백트래킹, 분할 상황 분석

4. 우리나라 컴퓨터 교육과정 분석

2007년 개정 교육과정을 살펴보면 초등학교 정보통신기술교육의 내용 체계에는 알고리즘과 관련된 내용이 제시되어 있지 않고, <표 6>과 같이 중학교의 정보 교과에 알고리즘 관련 교육내용이

제시되어 있다(교육인적자원부, 2007).

<표 6> 중학교 정보 교과 중 알고리즘 관련 내용

영역	내용요소		
	1단계	2단계	3단계
정보의 표현과 관리	○정보와 자료구조 ○자료의 표현과 연산	○선형 구조 ○멀티미디어 정보 표현	○선형구조 ○멀티미디어
문제해결 방법과 절차	○프로그래밍의 기초 ○문제 및 문제 해결 과정	○알고리즘의 개요 ○알고리즘의 실제	○자료의 정렬 ○자료의 탐색

초·중등학교 교육과정을 살펴보면 정보는 지식·정보 사회를 올바르게 이해하고, 정보 과학과 기술에 대한 올바른 지식 습득 및 활용을 통하여 창의적인 문제 해결력을 향상시키기 위한 과목이다.

하지만 앞서 살펴본 외국 사례를 보면 알고리즘 등의 컴퓨터과학 위주 교육이 초등학교부터 시작하는 반면 우리나라는 그렇지 못한 실정이다. 또한 그나마 선정된 정렬·탐색 알고리즘이 중학교 과정 3단계에서 제시되는 것은 문제 해결력 신장이라는 목표에 다가서기에는 역부족이다.

알고리즘 교육이 대학 교육에서만 이루어진 실정을 생각해보면 학습 내용의 난이도가 매우 높음을 알 수 있다. 하지만 초·중등학생의 수준에 맞게 알고리즘 원리를 학습한다면 대학에서의 교육은 물론 IT 산업의 발전에 기여할 수 있을 것이다.

5. 교육내용 선정

앞서 분석한 국내·외 컴퓨터 관련 교육과정을 바탕으로 본 연구에서의 알고리즘 교육 내용 선정 기준은 다음과 같다.

첫째, 초·중등학생의 인지 수준에 맞는 문제 상황을 구체적 조작 활동을 통해 제시한다. 정신적 표상 활동으로만 이루어지는 활동은 학습의

어려움으로 인해 학습 동기가 저하되기 때문에 구체적인 조작 활동으로 학습자의 생각을 바로 표현할 수 있는 기회를 제공할 수 있어야 한다.

둘째, 학습한 알고리즘 원리는 학습자의 논리적 사고 능력 및 문제해결능력 신장에 효과적이어야 한다. 다양한 학습 활동을 통해 학습하게 되는 알고리즘 원리는 학습자의 다양한 사고 능력을 신장시키는 데 도움을 주어야 한다.

셋째, 외국의 ICT 교육과정 분석 내용을 바탕으로 문제해결력 향상에 효과적인 내용을 선정하고 세부 활동 분석을 통해 적합한 활동을 구성할 수 있어야 한다.

넷째, 효과적인 알고리즘 학습을 위해 필요한 자료 구조 내용도 선정한다. 실세계의 자료들을 컴퓨터에서 표현하여 문제를 해결하기 위해서는 자료들 간의 논리적인 관계를 이해해야 한다. 예를 들어 그래프에서 자료들의 관계 구조를 이해하는 것은 실생활에서 출발지와 도착지까지의 최단 경로를 찾아가는 문제를 구현하는데 필수적이다.

이상의 선정 기준을 바탕으로 구성된 교육 내용은 <표 7>과 같다.

<표 7> 선정된 알고리즘 교육 내용 체계표

주제	학습 내용	비고
스택/큐	나열된 자료간의 순서를 제어하는 원리	자료 구조
트리	복잡한 자료를 계층 구조로 표현하는 방법의 장점과 원리	
그래프	자료간의 복잡한 연결 관계를 도식화하는 방법과 탐색 원리	
정렬	많은 자료 중에서 원하는 것을 기준에 따라 자료를 정렬하는 다양한 원리	알고리즘
탐색	원하는 자료를 찾아가는 방법과 원리	
동적 설계	문제를 해결할 수 있는 간단한 규칙을 발견하여 반복 과정을 통해 해답을 찾아가는 원리	
백트래킹	문제 해결 과정에서 해답을 찾지 못하면 이전 과정으로 돌아가면서 해답을 찾아가는 원리	

IV. 학습 콘텐츠 설계 및 개발

1. 학습 콘텐츠 설계 전략 수립

게임형 학습 콘텐츠는 오락적 요소를 통해 흥미를 고취시키고 학습 목표를 성취하도록 설계된 프로그램을 말한다(김동식, 1996). 이와 같은 콘텐츠에서 중요한 요소는 난이도 구성과 경쟁 요소이다(이윤주, 2001; 이지선, 2001). 즉 난이도에 따라 학습자는 어려운 문제를 해결해야하고 다른 학습자와의 경쟁을 위해 비교될 수 있는 점수, 기록 등의 요소가 필요하다. 또한 지속적인 학습 동기 유발을 위해서는 목표 성취에 대한 적절한 보상이 필수적이다.

이상의 게임형 학습 콘텐츠의 특성과 학습자의 문제해결능력 신장을 위해 폴리야의 문제해결 단계를 바탕으로 학습 콘텐츠 설계 전략을 [그림 3]과 같이 제시하였다.



[그림 3] 학습 콘텐츠 설계 전략

문제이해 단계에서 학습자에게 문제 상황과 도달해야 할 목표점을 제시하고 게임 규칙을 안내한다. 이를 통해 학습자는 해결해야 할 문제를 인지하고 효과적인 문제해결방법을 모색하는 계획 작성 단계를 수행한다. 학습자가 계획한 해결방법은 실행 단계에서 적용되고 해결방법의 미비한 점을 체험하게 된다. 그리고 반성 단계에서 게임 결과를 확인하고 동료 학습자와 목표를 비교함으로써 자신이 계획한 문제해결방법의 문제점을 고민하고 효과적인 방법을 재탐색하는 계획 단계를 실행하게 된다. 이와 같은 단계의 반복은 동료 간의 경쟁을 통해 보다 효과적인 문제해결방법을 탐색하는데 효과적인 학습 방법이 될 수 있다.

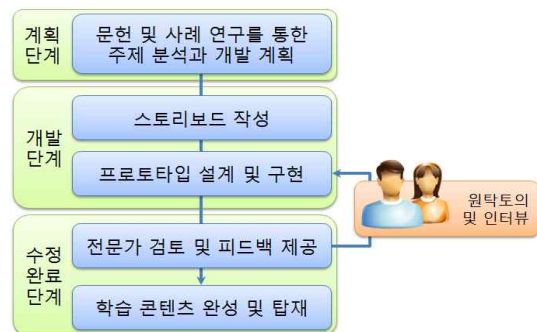
2. 학습 콘텐츠 개발

앞서 <표 7>에서 선정된 알고리즘 교육내용을 게임형 학습 콘텐츠 특성에 맞게 게임 주제를 선정하였다. <표 8>은 선정된 학습 콘텐츠의 내용 체계표이다.

<표 8> 학습 콘텐츠 내용 체계표

연번	교육내용	콘텐츠 주제
1	스택/큐	대포알 맞추기
2	트리	미로 탈출하기
3	그래프	사다리 놓기
4	정렬	원통 정렬하기
5	탐색	폭탄 해제하기
6	동적설계	거북이 쌓기
7	백트래킹	체스 퀸 놓기

각각의 콘텐츠는 [그림 4]와 같은 개발 모형을 통해 총 6개월에 걸쳐 연구 및 개발하였다.



[그림 4] 학습 콘텐츠 개발 모형

계획 단계에서 다양한 자료를 분석하여 알고리즘 교육내용에 적합한 학습 콘텐츠 주제를 선정하고 개발에 필요한 게임적 요소를 분석한다. 개발 단계에서는 분석한 내용을 바탕으로 스토리보드를 작성하여 학습목표 및 게임 상황을 선정한다. 또한 학습에 필요한 요구사항과 학습자 수준에 적합한 사용자 인터페이스를 고려하여 프로토타입 형태로 콘텐츠를 개발한다.

수정 및 완료 단계에서는 컴퓨터교육 석·박사

과정의 교육현장전문가와 교수로 구성된 전문가 집단의 검토를 거쳐 개선 및 수정사항을 피드백으로 제공받는다. 제공받은 피드백 자료를 바탕으로 학습 콘텐츠를 수정·보완하여 완성한다. 이와 같은 과정을 통해 완성된 학습 콘텐츠는 다음과 같다.

가. 스택과 큐 콘텐츠

스택 원리로 동작하는 대포에 임의의 색상을 가진 대포알이 장전된다. 학습자는 주어지는 시간 내에 장전된 대포알이 발사될 순서를 생각하여 큐의 원리로 동작하는 대포에 직접 동일한 색상의 대포알을 장전하여 동시에 발사되는 스택과 큐 기반 대포알간의 격추 상황으로 게임을 개발하였다. 난이도는 장전되는 대포알의 개수와 시간차를 통해 조절되고 격추시 대포알의 색상이 일치하는 경우 점수를 획득하게 된다.



[그림 5] 스택과 큐 콘텐츠

나. 트리 탐색 콘텐츠

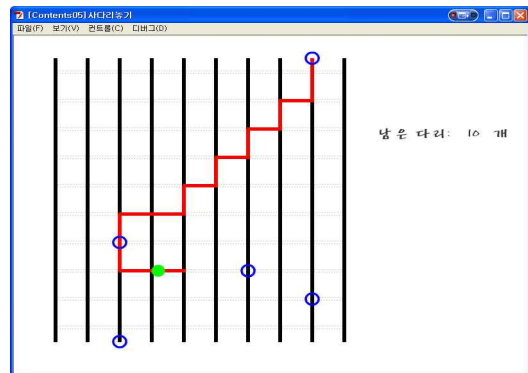
트리 구조로 이루어진 미로의 전체 모습과 출구를 처음 몇 초간 학습자에게 보여주고 출입문을 선택하며 출구를 찾아가는 콘텐츠로 트리의 루트에서 시작하고 이진트리 형식으로 출입문의 번호가 결정된다. 콘텐츠 사용을 통해 학습자는 트리의 구조를 이해하고 규칙을 탐색하여 난이도 높은 미로를 보다 빠르게 탈출할 수 있도록 개발하였다.



[그림 6] 트리 탐색 콘텐츠

다. 그래프 표현 콘텐츠

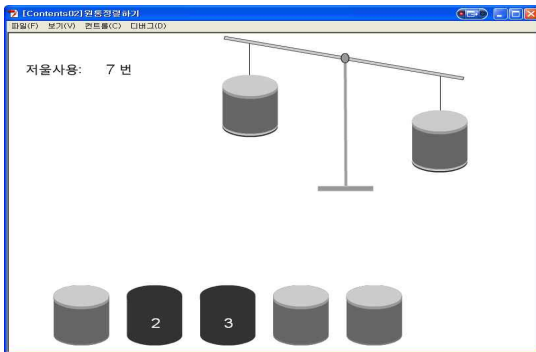
움직이는 포인트가 제시되는 그래프의 정점을 모두 통과할 수 있도록 학습자는 개수가 한정되어 있는 간선을 이용하여 무사히 목적지까지 도착할 수 있도록 제시하는 콘텐츠이다. 난이도에 따라 세로, 가로 선의 틈이 생겨 지날 수 없는 상황이 도입되고 학습자는 최소한의 간선(비용)으로 모든 정점을 연결하여 그래프로 표현하는 방법을 탐색하게 된다.



[그림 7] 그래프 표현 콘텐츠

라. 정렬 알고리즘 콘텐츠

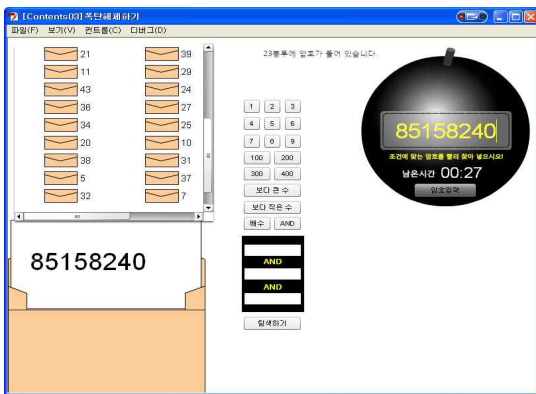
각각 다른 개수의 동전이 들어있는 원통을 양 팔 저울을 이용하여 무게 순으로 정렬하는 콘텐츠로 학습자는 최소한의 저울 사용 횟수를 기록하기 위해 효과적인 문제해결방법을 탐색하도록 개발하였다.



[그림 8] 그래프 표현 콘텐츠

마. 탐색 알고리즘 콘텐츠

주어진 몇 가지 수와 크기 비교 및 배수 기능을 이용하여 많은 봉투 중에서 암호가 들어있는 특정 봉투를 주어진 시간 내로 조건에 맞게 탐색하여 폭탄을 해제하는 콘텐츠이다. 이진, 선형 및 해시 탐색에 대한 원리를 학습자의 수준에 맞게 크기 비교 및 배수 기능으로 특정 봉투를 찾음으로써 학습자는 최소한의 탐색 횟수로 컴퓨터에서 특정 정보를 찾기 위한 원리를 이해할 수 있도록 개발하였다.

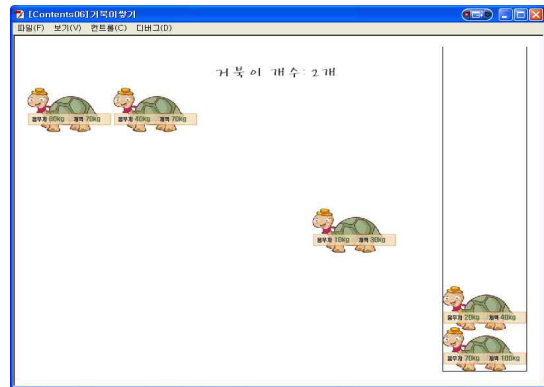


[그림 9] 탐색 알고리즘 콘텐츠

바. 동적 설계 알고리즘 콘텐츠

몸무게와 체력이 제한된 각각의 거북이들을 체력이 초과되지 않게 최대한 높은 층으로 쌓아가는 학습 콘텐츠로, 학습자는 쌓을 수 있는 모든 상황을 추리하게 된다. 최적해는 다양하게 존재

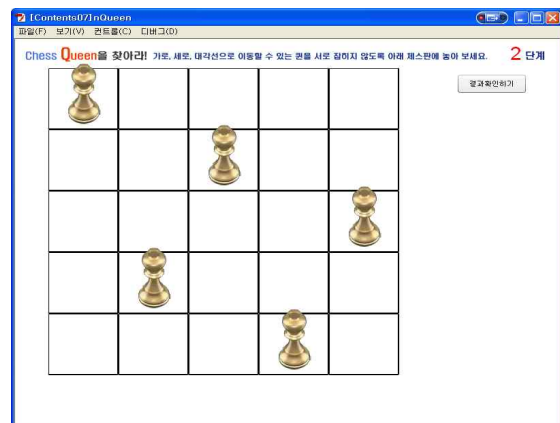
하며 학습자는 거북이를 쌓아가면서 이전에 쌓았던 거북이의 한계까지 고려하여 계산한 후 상향식 방법으로 최적해를 찾아가는 과정을 통해 수리적, 논리적 사고 능력을 신장시킬 수 있도록 개발하였다.



[그림 10] 동적 설계 알고리즘 콘텐츠

사. 백트래킹 알고리즘 설계 콘텐츠

$n \times n$ 으로 이루어지는 체스 판에 n 개의 퀸을 서로 잡히지 않는 위치에 놓는 콘텐츠로 학습자는 퀸을 놓을 때 이전의 퀸들과의 위치를 탐색하고 불가능하면 이전에 놓았던 퀸의 위치를 변경해가면서 해답을 찾는다. 학습자는 보다 빠른 해답을 찾기 위해 불필요한 탐색을 제외시킬 수 있는 방법을 모색한다.



[그림 11] 백트래킹 알고리즘 설계 콘텐츠

V. 결론

알고리즘 교육이 학습자의 고차원적 사고 능력 신장에 효과적이라는 것은 많은 연구를 통해 밝혀져 왔다. 하지만 알고리즘 교육은 정신적 표상에 의한 사고 능력이 많이 요구되어 대학 교육에서 이루어지던 것이 현실이다. 2007년 개정 교육과정에서 학습자의 창의적 문제해결능력 신장을 목표로 삼고 있는 정보 교과가 신설되었고, 교육 내용으로 알고리즘과 자료구조 등을 포함하고 있다. 초등학교에서 알고리즘의 이론적 학습보다 원리를 학습자가 이해한다면 이후의 교육에 있어 교수·학습의 효과가 증대될 것이다.

따라서 본 연구에서는 국내·외 컴퓨터 관련 교육과정 운영 사례 분석 결과와 학습자의 인지 구조 및 수준을 고려하여 알고리즘 교육 내용을 선정하였다. 선정된 알고리즘의 원리를 이론 학습이 아닌 콘텐츠에서 직접 제어하는 활동을 통해 쉽게 이해할 수 있도록 개발하였고, 게임 요소를 가미하여 학습자의 흥미를 고취시킬 수 있도록 구성하였다. 이와 같이 개발된 학습 콘텐츠를 통해 기대되는 학습 효과는 다음과 같다.

첫째, 개발한 학습 콘텐츠를 통해 알고리즘 원리를 쉽게 이해하는 것은 차후 수준 높은 교육에서 수월하게 응용 및 적용이 가능할 것이다. 예를 들어 복잡한 문제를 트리 또는 그래프와 같이 간단한 구조로 표현한 후 서로간의 관계를 도식화하는 것은 해결방법을 모색하는데 효과적이다.

둘째, 학습자는 콘텐츠에서 제공되는 문제를 게임의 경쟁 요소를 통해 자신만의 해결방법을 탐색하여 보다 높은 목표를 성취하기 위하여 노력한다. 성취한 목표는 해결방법이 주어진 문제 해결에 효과적인지 비교 및 판단하는 기준이 되기 때문에 학습자는 반성 과정을 통해 해결방법을 더욱 효과적으로 수정·보완하게 된다. 이는 곧 학습자의 문제해결능력이 향상됨을 의미한다.

셋째, 디지털 학습 콘텐츠의 장점으로 오프라

인 학습에 비해 시간적·공간적 제약을 극복하여 동시 다발적으로 자기주도적 학습이 가능하다.

이와 같은 학습 콘텐츠는 향후 스토리가 탄탄한 시나리오와 학습자간의 동시적 상호 작용이 결합된다면 학습 의욕 고취 뿐만 아니라 알고리즘 원리를 역이용 또는 확대하여 적용해보는 과정을 통해 더욱 높은 교육적 효과가 기대될 것이라 제안한다.

참고 문헌

- 김혜숙 · 박현정 · 서정희(2008). 교육에서의 ICT 효과 분석(PISA 2006을 중심으로), 한국교육학술정보원, 34~53.
- 우정호 역(2002). 어떻게 문제를 풀 것인가, 교우사, 47~55.
- 권은정(2008). 놀이를 통한 알고리즘 개념 학습이 학습 동기 및 학업 성취도에 미치는 영향, 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문, 59~61.
- 이영미(2008). 활동을 통한 알고리즘 교육과 ICT 기반 알고리즘 교육의 성취도 연구, 전주교육대학교 교육대학원 석사학위논문, 51~52.
- 정미연(2008). Squeak 기반 알고리즘 학습이 학습자 문제해결능력에 미치는 영향, 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문, 17~60.
- 이윤주(2001). 멀티미디어 기반 코스웨어의 교수 전략에 관한 연구, 호남대학교 정보산업대학원 석사학위논문, 3~28.
- 이지선(2001). 웹 기반 게임형 초등 수학 학습 프로그램 개발, 원광대학교 교육대학원 석사학위논문, 8~20.
- 조은순 · 김인숙(2007). 중학교 수학교과와 온라인 게임형 콘텐츠 개발, 한국콘텐츠학회, 7(9), 248~256.
- 교육인적자원부(2007). 2007년 개정 초·중등학교 교육과정, 교육인적자원부, 446~456.
- Cormen, H. T., Leiserson, E. C., Rivest, L. R. & Stein, C.(2001). Introduction to Algorithms, MA: The MIT Press, 10~18.
- Usiskin, Z.(1999). Paper-and-pencil algorithms in a calculator-and-computer age. In L. J. Morrow (Ed.), Reston, VA: The National Council of Teachers Mathematics, INC, 7~20.

- Tucker, A., Deek, F., Jones, J., McCowan, D., Stephenson, C., & Verno, A.(2006). A Model Curriculum for K-12 Computer Science: Final Report of the ACM K-12 Task Force Curriculum Committee, 2nd Ed, Association for Computing Machinery(ACM), 1~38.
- Frost, D., Verno, A., Burkhart, D., Hutton, M., & North, K.(2009). A Model Curriculum for K-12 Computer Science: Level I Objectives and Outlines, Computer Science Teachers Association, 2~44.
- Verno, A., Carter, D., Cutler, R., Hutton, M., & Pitt, L.(2004). A Model Curriculum for K-12 Computer Science: Level 2 Objectives and Outlines, Computer Science Teachers Association, 3~33.
- Madden, B., Verno, A., Carter, D., Cooper, S., Cortina, T., Cudworth, R., Ericson, B., & Parys, E.(2007). A Model Curriculum for K-12 Computer Science: Level III Objectives and Outlines, Computer Science Teachers Association, 3~27.
- QCA(2007). Information and Communication Technology, HMSO, 6~43.
- QCA(2003). A Scheme of work for key stages 1 and 2 Information and Communication Technology (ICT) Teacher's guide, LON: QCA Publications, 3~72.
- QCA(2000). A Scheme of work for key stages 3 Information and Communication Technology (ICT) Teacher's guide (http://www.eriding.net/ict/ks3_sow.shtml)
- Tim Bell(2005). Computer Science Unplugged, Computer Science Unplugged, 1~105.
- IT 인재 정책 간담회(2010). 초·중학교 컴퓨터 의무 교육 필요 (<http://www.edaily.co.kr/news/NewsRead.edy?SCD=DA14&newsid=01767926592967608&DCD=A00105&OutLnkChk=Y>)
-
- 논문접수일 : 2010년 12월 05일
 - 심사완료일 : 1차 - 2011년 01월 17일
 - 게재확정일 : 2011년 02월 06일